

放牧導入による棚田跡地の保全的利用

井出保行・小山信明*・佐藤節郎*・高橋佳孝

Key words : terrace paddy field, grazing, abandoned cultivation land, hilly and mountainous area

目 次

I 緒 言	15	2 畦畔法面へのシバ型草種の導入法	23
1 研究の背景および目的	15	IV 畦畔法面の裸地修復法	25
2 研究の対象	16	V 結 論	27
II 放牧導入に伴う畦畔法面の保全	17	1 棚田放牧地における管理作業の流れ	27
1 牧柵の設置場所に起因する裸地の発生	17	2 今後の課題	28
2 放牧導入による畦畔法面の植生変化	18	VI 摘 要	28
3 畦畔法面の保全的利用と牛道	21	謝 辞	28
III 畦畔法面に適した草種とその導入法	23	引用文献	29
1 畦畔法面に適した草種	23	Summary	32

I 緒 言

1 研究の背景および目的

中国・四国地方では、それぞれの中央部を山地帯が縦断するため、土地の多くが起伏に富み、耕地面積の60%が中山間地域に分布する⁴⁾。また、耕地面積に占める水田の割合は71.2%と高いが、その多くは山間部に位置するため、団地規模の小さな水田が多い⁴⁾。なかでも、急傾斜地水田（以下、棚田とする）は、生産基盤が脆弱で、土地生産性や労働生産性が著しく低いため、経年的に耕作放棄率が増加しており、こうした傾向は、農業人口の減少と高齢化の進行に伴って、今後ますます顕在化するものと見込まれている⁴⁾。

耕作放棄された棚田は、跡地にススキやクズ、あるいは灌木類が繁茂し^{2, 13, 39)}、容易に接近することが困難になる。そのため、病虫害や獣害の温床になったり^{4, 15)}、樹林化の進行による日陰田の発生

原因になる¹⁵⁾など、周辺の耕地に対する負の影響が強く指摘されている。また、棚田に付随する作業路や用水路は、耕作放棄に伴って放置される場合が多い⁵⁾ことから、地域的な農業基盤の弱体化も懸念される。

こうした状況をふまえ、棚田の基盤整備を通じた中山間地域の開発^{1, 3, 17, 27, 29, 30, 41, 44, 45, 50)}が議論されてきたが、その一方では、遊休地の保全的活用を目的とした耕作放棄棚田への粗放型畜産の導入が検討され、実際に肉用牛の放牧が試みられている。しかし、畦畔法面がススキ型の植生によって維持されてきた棚田では、放牧の導入によって法面の崩壊が誘発されるなど、土地保全上の問題が発生しつつある。

本研究では、これらの問題点を放牧牛の行動との関連から整理し、検討を加えることで、棚田放牧地における畦畔法面の保全的な維持・管理法について検討する。

(平成15年2月20日受理)

畜産草地部

* 総合研究部

2 研究の対象

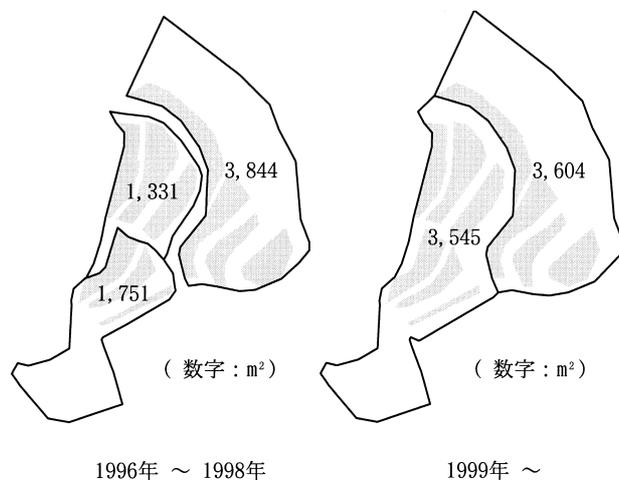
本研究の対象は、島根県大田市富山町にある棚田放牧地（北緯35度12分，東経132度34分，標高約200 m：写真1）である。本報では，この棚田放牧地を「試験地」と称し，その概況を以下に述べる。

1) 地形および棚田の配置

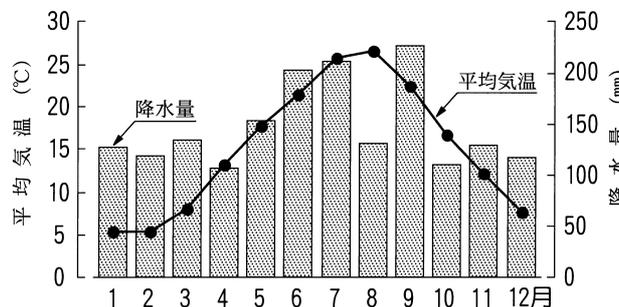
1998年4月に測量した試験地の平面図を第1図に示す。試験地は，その大部分が凹型斜面上に位置し，全体的にかなり急峻である。試験地内には，面積が62㎡-338㎡の水田跡地（以下，水田面とする）が10か所存在し，それらの合計値は2,228㎡である。また，水田跡地に付随する畦畔法面（以下，畦畔法面とする）は，法勾配が40度-48度の範囲にあり，平均値は44.2度である。試験地の牧区構成を第2図に示す。試験地の牧区数は，1996年～1998年までは3牧区（合計面積：6,926㎡）であったが，1999年以降は裸地対策として2牧区（合計面積：7,149㎡）に改修されている。

2) 放牧利用

試験地での放牧は1996年から開始され，毎年4月

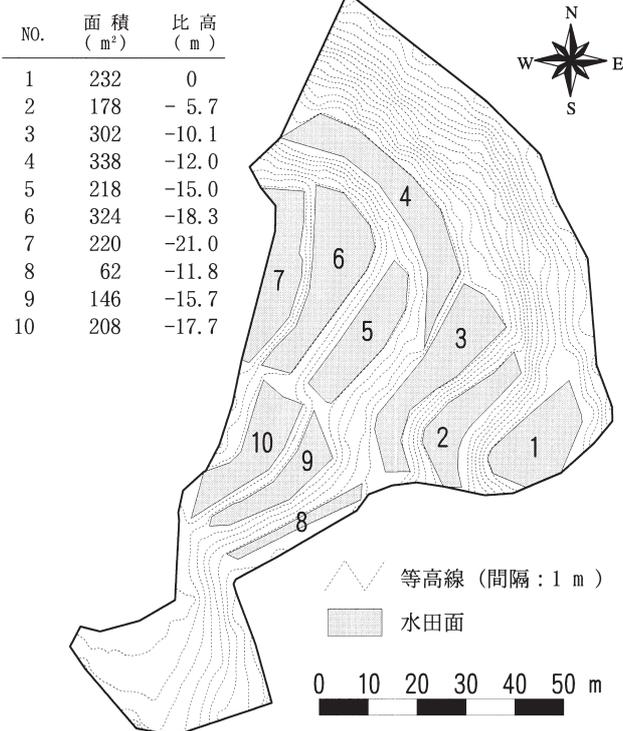


第2図 試験地の牧区編成



第3図 気象要素の月別変動

注1) 観測地：松江地方気象台 大田気象観測所。
（北緯35度11分，東経132度30分，標高15m）
2) 気温，降水量：1989年-2000年の平均値。



第1図 試験地の平面図
注) 測量は1998年4月に実施。

～11月まで黒毛和種・繁殖雌牛が輪換放牧されている。放牧頭数は，当初4頭であったが，畦畔法面の植生が急速に悪化したため，1997年からは2頭に減らされている。

3) 気象および土壌

試験地から約7km離れた位置にある気象観測所（北緯35度11分，東経132度30分，標高15m）の気象概況⁴⁷⁾を第3図に示す。すなわち，年間の平均気温は16.0℃であり，最暖月（8月）の平均最高気温は31.0℃，最寒月（2月）の平均最低気温は2.0℃である。また，年間の降水量は1,770mmで，月別では6月，7月，9月が多く，4月，10月は少ないが，最暖月の8月に降水量が少ないことも特徴的である。

土壌は，鈹質の赤黄色土壌で，化学性は第3表に示した通りである。

II 放牧導入に伴う畦畔法面の保全

放牧下にある畦畔法面では、既存植生の急激な衰退や、法面の崩壊がしばしば発生する。こうした事態は、放牧利用の継続を危うくするばかりでなく、土地保全上の重大な問題を引き起こす。本章では、畦畔法面の保全に関わる諸問題を放牧牛の行動との関連から検討し、その対策を明らかにする。

1 牧柵の設置場所に起因する裸地の発生

放牧牛の蹄傷に伴う裸地化は、地形、土壌、植生、放牧施設、牛の体重などが関係する^{23, 36)}。なかでも、斜面の崩壊や土壌の侵食を伴う大規模な裸地化は、牛群の行動を規制する牧柵などの放牧施設によってもたらされることが多い^{35, 51)}。本節では、棚田放牧地に発生した裸地の特徴を、主として牧柵との位置関係から検討することにより、裸地化を抑制するための方策を明らかにする。

1) 材料および方法

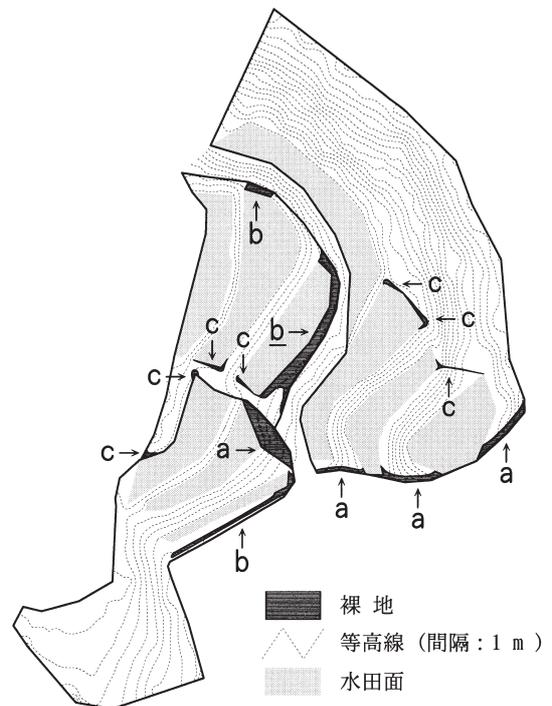
裸地の分布調査は1998年6月に行った。調査では、放牧に起因する裸地の位置を記録し、牧柵との位置関係から、その発生機作を検討した。

2) 結果および考察

試験地における裸地の発生状況を第4図に示す。裸地の発生は、(a) 牧柵が斜面の最大傾斜線方向に設置された場所、(b) 牧柵が法面の上縁部に設置された場所、(c) 放牧牛の歩行方向が変化する場所で多く認められた。そこで、(a)～(c)の各場所について、裸地の発生機作とその回避策を考察する。

(a) 牧柵が斜面の最大傾斜線方向に設置された場所

このような場所では、放牧牛の登降方向が仰角の大きい斜面の最大傾斜線方向に制限されるため、植生に過大な踏圧が加わり^{22, 35)}、裸地が発生した(第5図-a)。さらに、放牧牛は柵沿いを頻繁に歩く習性がある³⁴⁾ため、発生した裸地は急速に拡大し、これに水食(ガリー形成)が加わることで、裸地化はより深刻化した(写真2)。すなわち、土地の傾斜度が大きい斜面では、放牧牛の登降角度を規定する牧柵の設置方法が重要な問題となる。及川ら³⁴⁾は、柵沿いに形成された牛道の観察結果から、牛道によ

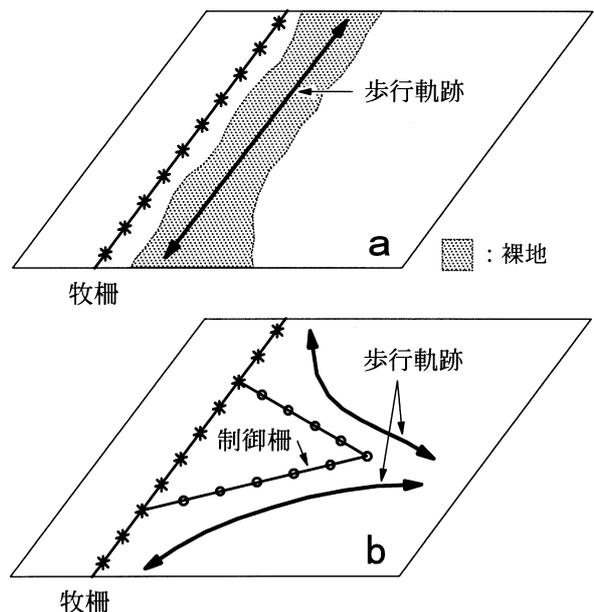


第4図 試験地における裸地の分布

注1) 裸地の発生要因。

- a : 牧柵が斜面の最大傾斜線方向に設置された場所
- b : 牧柵が畦畔法面の上縁部に設置された場所
- c : 放牧牛の歩行方向が変化する場所

2) 調査は1998年6月に実施。



第5図 牧柵の設置位置と裸地の発生場所(模式図)

注) 下段 (b) 行動制御柵: 及川ら (1984).

る裸地化を防ぐためには牧柵の設置仰角を13度以下にすべきだと指摘している。したがって、牧柵を設置する際には、急な斜面部を迂回したり、場合によっては牛の行動制御柵³⁷⁾を設置する(第5図-b)などして、その仰角をできるだけ小さく抑える必要があると考えられる。

(b) 牧柵が畦畔法面の上縁部に設置された場所

このような場所では、放牧牛が柵外の草本類を採食する際に、畦畔法面を登降することで、裸地が発生した(第6図-a)。試験地の法勾配は、一般的な草生法面の勾配¹¹⁾と同様に45度前後と急なため、発生した裸地は降雨による水食で急速に拡大した(写真3)。加えて、牧区内の草量が不足すると、柵外の草本類を求めて頻繁に法面を登降するため、牧柵の倒壊を伴う大規模な崩壊が引き起こされることもあった。すなわち、畦畔法面の上縁部に牧柵を設

置することは、法面保護の観点から、極めて危険な行為といえる。したがって、そのような場所に牧柵を設置する場合には、法面の上縁部に1 m程度の平坦部を設ける方法²¹⁾が良いと考えられる(第6図-b)。これは、放牧牛の歩行場所をその平坦部に移行させ、法面への負荷を軽減させるための措置である。この方法を適用した場所では、法面の裸地化はほとんど進行せず、本法が法面保護に有効な手段であることを示している。

(c) 放牧牛の歩行方向が変化する場合

水田面の角部など、放牧牛の歩行方向が変化する場所では、裸地の発生が多く認められた。しかし、発生した裸地は、経時的に著しく拡大することなく、発生場所も局所的なことから、上述した(a)および(b)に比べて問題は少ないと考えられる。

2 放牧導入による畦畔法面の植生変化

ススキ型の野草地において、一定以上の放牧強度で放牧を続けると、優占種のススキは経年的に衰退することが多い^{12, 28, 53, 54)}。そのため、畦畔法面がススキ型の植生を示す柵田では、放牧の導入によって、同様な植生の変化が起こる可能性がある。本節では、柵田放牧地における畦畔法面の植生変化と、それをもたらす要因について検討する。

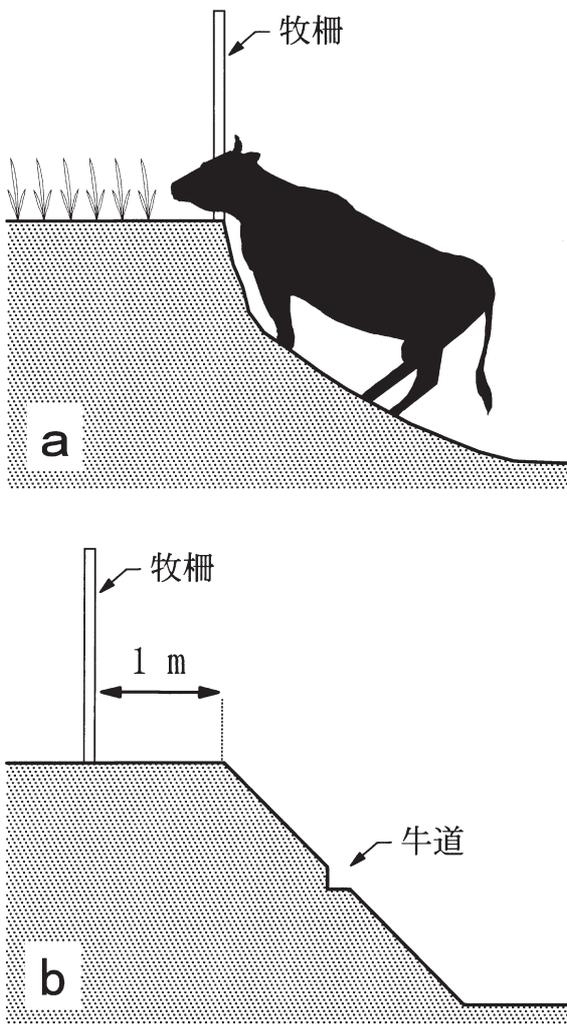
1) 材料および方法

(1) 植生

畦畔法面の植生調査は1998年5月に行った。調査の対象は、水田面No.3-5ならびにNo.5-6の間にそれぞれ位置する法面で、前者は年1回~2回程度の刈り取り条件下にあり(以下、刈り取り区とする)、後者は放牧条件下にある(以下、放牧区とする)。調査では、それぞれの区に1 m × 1 mの調査枠を3か所設置し、枠内に出現する全植物種の冠部被度と草丈を測定した。さらに、両区の植生を比較するために、各出現植物の拡張積算優占度(E-SDR₂)⁵²⁾を計算した。

(2) 水田面の冠水状況

水田面の冠水は、放牧牛の「こねまわし」による泥濘化の原因となり、そこに生育する植物に大きな影響を及ぼす。そこで、その実態を明らかにするため、1998年6月に水田面の冠水調査を行った。調査では、水田面における冠水面積と泥濘化の状況を詳



第6図 畦畔法面における牧柵の設置位置(模式図)

しく記録した。また、冠水の原因である飲水器や湧き水の位置も同時に記録した。さらに、調査終了後には、乾田化のための明渠を設置した。明渠は、横断面が幅30cm×深さ30cm程度の大きさで、スコップや小型のショベルカーを用いて第7図のように配置した。

(3) 牛糞の分布

放牧牛の採食行動や土壌の肥沃度に影響を及ぼす牛糞は、傾斜度が極端に異なる水田面と畦畔法面とで、分布に大きな違いが観られる可能性がある。そこで、圃場の改修作業に関連して、牛の放牧が第8図の区域に制限された1999年7月に、同区域内における牛糞の分布調査を行った。調査では、排泄された牛糞の面積を水田面と畦畔法面とに分けてそれぞれ計測した。

(4) 土壌養分の分布

刈り取りなどの養分収奪が繰り返されてきた畦畔法面と、以前に施肥管理が行われていた水田面とでは、土壌の養分含有量に変化が認められる可能性が

ある。こうした変化は植生にも影響を及ぼすため、その実態を調査した。土壌養分の調査は、水田面No.6ならびに水田面No.5-6の間にある畦畔法面で行った。土壌の採取は2000年4月の入牧前に行い、それぞれの場所から深さ5cmまでの土壌を5点ずつ採取した。採取した土壌は、風乾後に2mmの網ふるいを通して分析試料とした。分析では、pH(H₂O)、可吸態リン酸および交換性陽イオン(カリウム、カルシウム、マグネシウム)を定法⁶⁾に従って測定したが、その際、可吸態リン酸にはブレイ第二法を、交換性陽イオンには原子吸光法をそれぞれ適用した。

2) 結果および考察

(1) 畦畔法面の植生変化

放牧導入に伴う畦畔法面の植生変化を第1表に示す。刈り取り区の畦畔法面では、全体的にススキが優占し、その下層にはシバスゲなどが分布した。また、裸地率は2.3%と少なく、法面の表土は安定的に維持されていた。一方、放牧区では、元来は下層植

第1表 放牧導入に伴う畦畔法面の植生変化

刈り取り区			放牧区		
裸地率	: 2.3%		裸地率	: 36.7%	
出現種数	多年生草本: 29種 一年生草本: 3種 木本: 5種		出現種数	多年生草本: 25種 一年生草本: 6種 木本: 3種	
種名	被度(%)	E-SDR ₂	種名	被度(%)	E-SDR ₂
ススキ	53.0	100	ジャノヒゲ	21.7	23.6
シバスゲ	25.0	38.0	シバスゲ	10.0	11.8
ニガクサ	8.0	24.4	ススキ	0.3	10.9
スギナ	6.3	21.6	ノアザミ	1.0	9.6
ニガナ	3.0	17.5	ヨモギ	2.3	8.0
ヘクソカズラ	1.8	15.2	ハルジョオン	3.3	7.7
ノアザミ	1.7	14.6	ナギナタガヤ	1.7	7.6
ジャノヒゲ	6.3	11.7	ハハコグサ	0.3	7.5
ヨモギ	1.7	11.2	ヤマヌカボ	0.7	7.4
ネコハギ	1.2	9.0	コナスビ	4.7	7.3

注) 調査は1998年5月に実施, アンダーラインは一年生草本.

生であるジャノヒゲが優占種となり、ススキの被度は著しく低かった。また、裸地率は36.7%と高く、一年生草本の侵入が認められた。

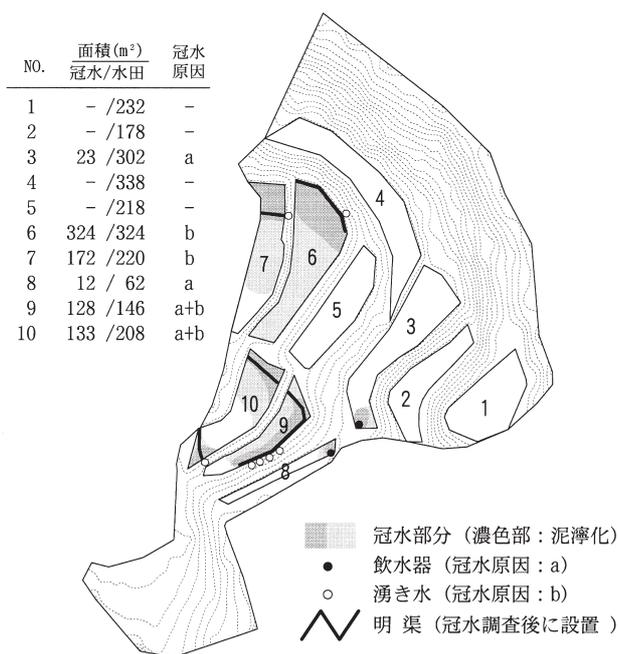
このように、畦畔法面の優占種であったススキは、放牧の導入によって著しく衰退した。ススキは、節間伸長期の生長点が他の草本類に比べて高く⁵⁵⁾、放牧牛による被食の影響を受けやすい。加えて、母茎が生長点を失うと、地中にある翌年用の休眠芽が代償成長を始める⁵⁵⁾ため、株は急速に衰弱したと推察される。その結果、放牧下では、他草種に比べて生長点が低いジャノヒゲが優占種となったが、同時に裸地率も増大した。これは、伸長性に劣るジャノヒゲが衰退したススキの空間を埋られなかったことに加え、放牧牛がもたらす攪乱（蹄傷や被食など）が裸地部への他草種の侵入を抑制したことが原因と推察される。

以上の結果は、ススキ型の植生が放牧に対して脆弱であることを再認識させるが、その衰退の過程は放牧条件によって異なることが知られている。伊藤¹²⁾は、中国山地のススキ型草地に牛を放牧したときの退行遷移を、放牧牛がもたらす攪乱（以下、放牧攪乱とする）との関係から考察している。それによると、弱い放牧攪乱下では、ススキ群落は維持され、火入れがなければ低木群落に進行遷移する。中程度の攪乱下では、ススキ群落はトダシバ群落へと退行し、シバ群落で安定する。強い攪乱下では、直接シバ群落へと退行するが、最強の攪乱下では直接オオバコ群落にまで退行し、極端な場合には裸地化する。すなわち、放牧導入に伴う退行遷移の過程は、ススキ群落に与えられた放牧攪乱の程度によって大きく異なるといえる。上述したように、試験地の畦畔法面では、放牧導入後のわずか2年強の間にススキの優占度が急落し、裸地率が増大した。この結果は、畦畔法面に与えられた放牧攪乱の程度が「強」もしくは「最強」の部類にあったことを示唆している。そこで、放牧開始から植生調査前年までの放牧密度を計算してみると、1996年が約1,300頭・日/haであり、1997年は約650頭・日/haであった。これらの値は、他のススキ型放牧草地における値⁵⁴⁾と比較しても非常に高いものであり、試験地が過放牧状態にあったことを裏付けている。すなわち、試験地で観察された畦畔法面の急激な植生変化について

は、その大部分が過放牧に起因すると考えられるが、棚田放牧地の植生を論じる際には、以下に述べるような水田面と畦畔法面との間にある放牧攪乱の程度差にも注意を払う必要があると考えられる。

(2) 水田面の冠水と泥濘化が植生に及ぼす影響

試験地における水田面の冠水状況を第7図に示す。乾田化対策を実施する以前は、水田面の37.8%が冠水していた。冠水の原因は、「止水弁を持たない飲水器からの漏水」もしくは「湧き水」であり、それらが水田面に流入し、滞水したことにあった。冠水した水田面では、放牧牛の歩行によって泥濘化が進行し、草生産が出来る状況にはなかった（写真4）。そのため、泥濘化に伴う草量の減収部分は、畦畔法面の植生によって補われていたと考えられる。このことは、乾田化対策の有無が法面植生の保護に大きな意味を持つことを示唆する。試験地では、「飲水器からの漏水」については止水弁付きの飲水器²¹⁾に交換することで対応し、「湧き水」については明渠を設置することで対応した。その結果、冠水部分はほぼ半年で解消され、跡地はイヌビエやメヒシバを主体とする植生に変化した。ただし、明渠については、放牧牛の歩行により、設置後数年で崩壊することがあった。そのような場所では、暗渠を設



第7図 試験地における水田面の冠水状況
注) 調査は1998年6月に実施。

置する必要があると考えられる。

(2) 牛糞の不均一分布が植生に及ぼす影響

第8図に示す調査区域内に排泄された牛糞の分布を第2表に示す。調査区域内では、水田面が土地面積の45%を占め、畦畔法面は55%を占めたが、排泄された牛糞は99%が水田面に、残りの1%が畦畔法面にそれぞれ分布した。放牧牛は休息後に排糞を行うことが多い⁴⁸⁾が、棚田放牧地の休息場は水田面に限られるため、こうした牛糞の極端な偏在が生じたものと考えられる。

牛糞の臭気は、周囲に生育する草本類の被食率を低下させる効果がある⁵⁾。そのため、牛糞が集中する水田面では、不食パッチの形成が助長され、同時に不食草量も増加する傾向にあった(写真5)。そして、このような不食草量の増加は、畦畔法面に対する採食圧を相対的に高める効果をもたらすと推察される。このことは、水田面における植生管理の善し悪しが、畦畔法面の植生保護に深く関与していることを示唆する。したがって、水田面では、不食パ



第8図 牛糞分布の調査区域

第2表 調査区域内における牛糞の分布

	水田面	畦畔法面	合計
土地面積 (m ²)	1,178	1,444	2,622
(%)	(45)	(55)	(100)
牛糞面積 (cm ²)	44,600	600	45,200
(%)	(99)	(1)	(100)

注) 調査は水田面が乾田化した1999年7月実施。

ッチの動態に注意し、状況によっては過繁茂しにくい短草型の草種を導入することが必要になると考えられる。

(3) 土壌肥沃度が植生に及ぼす影響

試験地における水田面と畦畔法面の土壌養分含有量を第3表に示す。刈り取りや火入れ、あるいは牛の放牧によって養分の収奪が繰り返されてきた畦畔法面では、以前に施肥管理が行われ、放牧下では牛糞が落下しやすい水田面に比べて、土壌のpHが低く、可給態リン酸および交換性カルシウムの含有量が有意に低かった。とくに、可給態リン酸はその量が非常に少なく、畦畔法面の土壌が低養分状態にあることが示された。

ススキ型の植生は、土壌中に可吸態リン酸がほとんど見出されないような低養分条件下においても、比較的高い乾物生産が維持される。それは、構成草種が植物体に蓄積した貯蔵養分を効率的に利用している²⁰⁾ためであり、土壌養分の乏しい畦畔法面において、ススキ型の植生が成立し、維持されるのも、そうした仕組みに依るところが大きいと考えられる。しかし、放牧の導入は養分貯蔵器官の一つである茎葉の連続的な収奪を伴うため、上述の仕組みは破綻し、植生は衰退しやすくなると推察される。したがって、棚田放牧地では、畦畔法面の植生を「低養分土壌」ばかりでなく、被食や踏圧といった「放牧攪乱」にも耐性を有する植生に誘導することが必要になると考えられる。

第3表 試験地における土壌養分含有量

	水田面 (n = 5)	畦畔法面 (n = 5)
pH (H ₂ O)	5.3 ~ 5.6	4.9 ~ 5.3
可吸態リン酸 (mg/100g) ***	30.4 ± 2.4	2.6 ± 1.2
交換性カルシウム (mg/100g) *	46.4 ± 11.3	27.8 ± 8.0
交換性マグネシウム (mg/100g)	188.8 ± 19.0	162.1 ± 23.7
交換性カルシウム (mg/100g) ***	683.7 ± 52.8	350.0 ± 34.7

注1) 調査は2000年4月の入牧前に実施。pH以外は平均値±標準偏差で表示。

2) 水田面と畦畔法面における有意差検定の結果。

*** : p<0.001, * : p<0.05

3 畦畔法面の保全的利用と牛道

棚田放牧地では、利用の経年化に伴って、畦畔法面に牛道が発生する。牛道は、放牧牛が急傾斜地を省力的かつ安定的に利用するために必要^{9, 34, 35)}であるが、

一方では、それが斜面の崩壊を誘発する^{10, 14)}との指摘もある。すなわち、土地の保全と放牧利用とを両立させるためには、畦畔法面に崩れにくい安定した牛道が必要となる。本節では、畦畔法面に発生した牛道に検討を加えることで、安定的な牛道を形成させるための方策を明らかにする。

1) 材料および方法

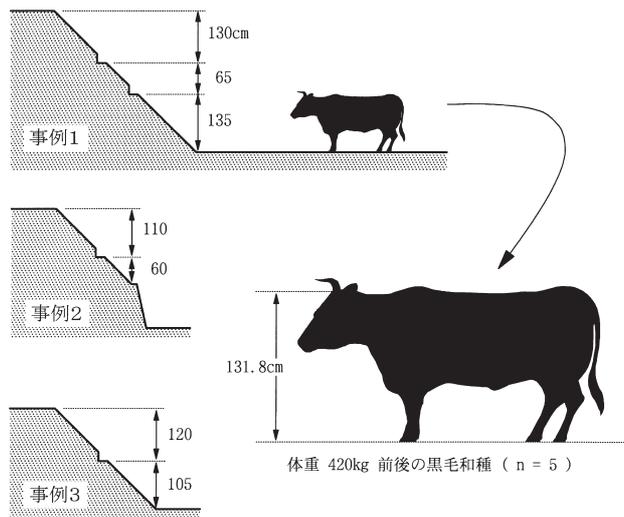
畦畔法面に形成された牛道について、法面上の位置を1998年6月に計測した。また、畦畔法面における牛道の発生状況を経年的に観察した。

2) 結果および考察

畦畔法面における牛道の形成位置を第9図に示す。牛道の発生は、法面の高さが120cm以上になると顕著に認められた。牛道の発生位置および本数については、高さが120cm-240cmの範囲にある法面では、法面上端より約120cm下方に牛道が1本発生し、法面の高さがそれ以上になると、次式に応じてその本数も増加した。

$$\text{牛道の発生本数} \approx \text{法面の高さ (cm)} \div 120 - 1$$

但し、小数点以下は切り上げ

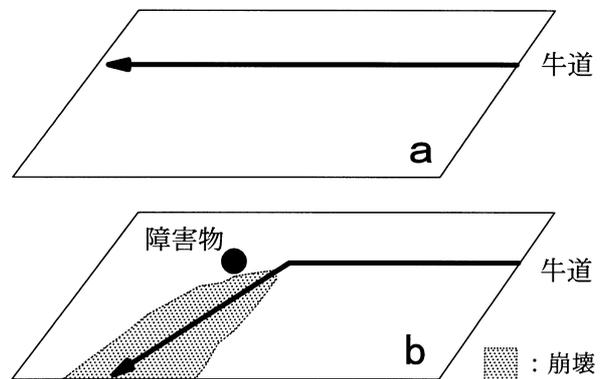


第9図 畦畔法面における牛道の形成位置

注) 調査は1998年6月に実施。

このように、牛道の発生本数には120cmという高さに関係するが、この高さは供試牛の背高に近い値であり(図9, 写真6)、両者の密接な関係が示唆される。以上より、法面上に形成される牛道は、法面

の高さと牛の背高を指標にすることで、事前に予測可能と考えられるが、その予測に準じた安定的な牛道を形成させるためには、主として次の3点に注意を払う必要があると考えられる。その1点目は「放牧導入初期における放牧強度」である。すなわち、放牧導入直後は、畦畔法面に牛道が存在しないため、法面上における牛の歩行経路は不安定になりやすい。このような状況下で強放牧を続けると、牛道が形成される以前に法面が崩壊することがある。そのため、放牧導入初期には、法面上における牛道の発生状況に注意を払い、それを目安に放牧頭数を調節することが必要になると考えられる。注意すべき2点目は「秋季以降の放牧制限」である。すなわち、秋季以降も夏季と同様の放牧を続けていると、畦畔法面に小規模な崩壊が多数発生することがある(写真7)。その原因は、法面に生育する植物の大半が枯死、もしくは休眠期に移行し、植生による土壌の保持力が著しく低下することにある。そのため、秋季以降は、放牧を極端に制限するか、中止することが必要になると考えられる。注意すべき3点目は「法面上に存在する障害物(灌木類など)の除去」である。すなわち、放牧牛は法面上を等高線に沿って歩くことで(第10図-a)、歩行時の傾斜角を小さくし、移動に費やすエネルギーを少なくしている^{24, 38)}。しかし、進行方向に灌木類などの障害物がある場合は、それを回避するため法面を登降する(第10図-b)。その結果、放牧牛の登降場所では比較的大規模な崩壊が発生することがある(写真8)。そのため、放牧牛の歩行を妨げるような法面上の障害物は、事前に除去することが必要になると考えられる。



第10図 障害物の有無と牛道の発達様式(模式図)

試験地では、以上の3点に注意しながら放牧を継続した結果、ほぼ1年程度で比較的明瞭な牛道が認められるようになった(写真9)。そこで、形成された牛道を保護するため、後述するシバのポット苗を牛道の両脇に約50cm間隔で定植したが、これまでの観察により、その有効性が示されつつある。今後は、定植した苗の伸長状況を追跡調査することで、牛道の保護により効果のある定植法を策定することが必要になると考えられる。一方、棚田放牧を実践している農家の例では、牛道の発生が予測される高さに人工的な段差(人工牛道)を設置することで、法面の安定的な放牧利用を可能にしている(写真10, 11)。この事例は、人為による積極的な牛道造成が畦畔法面の保護にも寄与することを示している。ただし、その一般化のためには、人工牛道の省力的な設置法も含め、再度検討する必要があると考えられる。

Ⅲ 畦畔法面に適した草種とその導入法

畦畔法面は、水田の灌水維持や作業用路として利用され¹⁸⁾、一般には年数回の慣行的管理(刈り取り、火入れ)によって、チガヤやシバ型の植生に維持される。しかし、放牧の対象に向けられるような耕作放棄棚田では、法面の管理が不十分になるため、その植生はススキ型を示すことが多い。ススキは、これまで述べてきたように、放牧の導入によって衰退しやすい草種である。そのため、畦畔法面がススキ型の植生を示す場合は、優占種をより放牧適性のある草種へと移行させる必要がある。本章では、放牧下の畦畔法面に適する草種について議論し、その具体的な導入法を明らかにする。

1 畦畔法面に適した草種

これまでの議論を総合すると、放牧下の畦畔法面に適する草種は、以下の性質を具備する必要があると考えられる。

- 1) 放牧牛の被食や踏圧に対して耐性がある
- 2) 低養分土壌に対して耐性がある
- 3) 土壌の保持力が大きい
- 4) 耕作中の他の水田に侵入し、雑草化しない
- 5) 種子もしくは苗の入手が容易である

現在のところ、これらの条件を満たす草種としては、シバ(*Zoysia japonica* Steud.)が最も有望と考えられる。シバは、日本在来の暖地型多年生草本で、北海道から九州まで広く分布する⁷⁾。踏圧に対する抵抗力があり^{33, 35)}、低養分土壌でも生育する⁷⁾。また、低温、乾燥および病気に対する耐性も大きい⁷⁾。そのため、山地や海浜の風衝、火入れや牛馬の放牧といった、自然的あるいは人為的な攪乱圧下で安定的に植生が維持される。とくに放牧下では、ほふく茎の伸長に加え、家畜の糞中種子^{25, 49)}によって旺盛に繁殖し、優占種となる^{53, 54)}ことが多い。放牧地に成立したシバ型草地は、偏向遷移系列の極相の一つに考えられ³¹⁾、ススキ型草地と並び、日本の代表的な野草地植生として位置付けられている。

シバに並ぶ草種としては、中国・四国地方のような温暖な地域では、センチピードグラス(*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.)が考えられる。センチピードグラス(和名:ムカデシバ)は、東南アジア原産の暖地型多年生草本で⁷⁾、日本では新潟以南かつ標高500m以下の地域に適す⁴⁶⁾とされる。ほふく茎と種子によって繁殖するが、ほふく茎の伸長は旺盛で、非常に密な植被をつくる。土壌の適応範囲が広く、低養分土壌に耐性があり、乾燥にも強い⁴⁶⁾。主として法面の保護^{42, 46)}に用いられるが、暖地の放牧地では近年になって導入例が増えつつある。

2 畦畔法面へのシバ型草種の導入法

上述したシバおよびセンチピードグラスについては、それぞれの草地造成法がいくつか提案されている^{16, 19, 26, 32, 40, 42, 43, 46)}。具体的には、「種子」や「ほふく茎」、もしくは「苗」を用いた方法である。ただし、放牧下の畦畔法面において、それらの方法が検証された事例はほとんど無い。また、両草種の導入先は既存の植生内である。すなわち、播種法では他草種との競合により、定着が難しくなることが予想される。そこで、両草種の確実な導入法としてポット苗の移植による方法を検討し、その効果を明らかにする。

1) 材料および方法

(1) 育苗方法

シバのポット苗は、市販の張りシバ用苗(*Zoysia japonica*種、約30cm×37cm)を用いて作成した。

苗の作成では、張りシバ用苗を24片～30片の小片に分割し、用土を軽く充填した直径9 cmのビニールポットに置床して、鎮圧した。用土については、山土にピートモスを等量混和したものを使用した。苗を植え付けたポットは露天で管理したが、灌水については、植え付け直後はやや多めとし、発根後は表土が乾いた時点で行った。

センチピードグラスの育苗は、シバと同様の用土を用い、播種による方法で行った。播種量は1ポット当たり約35粒とし、それを用土を軽く充填したポットに播種して、鎮圧した。播種後の管理はシバと同様に行った。

本試験では、2001年5月29日に育苗を開始し、畦畔法面への定植は7月25日に行った。定植直前(7月24日)に測定した苗の平均草丈は、シバが8.7cmであり、センチピードグラスが12.0cmであった(写

真12)。定植時には、放牧牛の被食による抜き取りを回避するため、それらの苗を高さ3 cmに刈り揃えた。

(2) 畦畔法面への定植

本試験は、これまでの試験地とは異なり、同じ大田市富山町内にある別の棚田放牧地で実施した。放牧地の面積は8847.6㎡で、その中には14か所の水田跡地(合計面積2902.8㎡)が存在する。放牧は1999年から開始され、黒毛和種繁殖牛2頭が毎年4月～11月まで放牧されている。試験は放牧地内の畦畔法面で行い、その植生および土壌は第4表および第5表にそれぞれ示した通りである。

畦畔法面への草種導入試験は2001年7月25日に実施した。供試した苗は、シバが50個、センチピードグラスが51個で、それぞれの定植密度は㎡当たりに1個とした。苗の移植に際しては、定植穴の作成に直径9 cmのホーラー(写真13)を使用した。

一方、草種導入試験の当日には、この試験とは別に、定植穴への施肥試験も実施した。これは、前述した通り、畦畔法面の土壌が低養分条件下にあるためである。施肥試験では、苗の作成数が多かったセンチピードグラスについて、施肥区として24個、無施肥区として13個の苗を供試した。施肥区における施肥量はN:15%, P₂O₅:15%, K₂O:10%を含む化成肥料を1穴当たり0.5 gとした。定植後の管理については、両試験とも、とくに禁牧処理を行わず、継続して放牧を行った。

移植した苗の定着状況については、定植から約2か月後の2001年9月19日に調査を行った。その際、施肥試験に供試したセンチピードグラスの葉幅および苗の直径(長径と短径の平均値)についても測定を行った。

2) 結果および考察

畦畔法面の既存植生内に定植されたシバおよびセンチピードグラスの定着状況を第6表に示す。ポット苗によって移植されたシバおよびセンチピードグラスは、定植後に十分な降雨を得られなかったが、両草種の約90%が定着し、シバでは約72%に、また、センチピードグラスでは約61%に定着後の生長が認められた。

第7表には、定植穴への施肥がセンチピードグラスの定着に及ぼす効果を示した。定植穴への施肥は、

第4表 草種導入試験地における畦畔法面の植生

種名 (出現頻度>5%)	出現頻度 (%)	平均草丈 (cm)
チガヤ	35.0	13.8
ススキ	12.1	17.7
ウマノアシガタ	7.6	7.3
ノアザミ	6.4	8.3
シバ	6.4	8.8
裸地	11.5	

注1) 植生調査はライン法により、2001年7月に実施。調査では50mのラインを設定し、50cmおきに出現する植物種とその草丈を測定。

2) 出現した多年生草本の種数は18種。

第5表 草種導入試験地における畦畔法面の
土壌養分含有量

pH (H ₂ O)	5.2
可吸態リ酸 (mg/100g)	4.0
交換性カウム (mg/100g)	40.4
交換性マグネシウム (mg/100g)	96.7
交換性カルシウム (mg/100g)	204.2

注) 調査は2001年7月に実施。採土および分析の方法は第3表と同様。

第6表 ポット苗の定着状況

		シバ	センチピードグラス
供試苗数		50	51
定着状況 (%)	定着・生長	72.0	60.8
	定着	18.0	29.4
	定着不十分	10.0	7.8
	枯死	—	2.0

注1) 定着状況：定着・生長＝定着後に生長が認められた苗，定着＝定着のみの苗，定着不十分＝一部に枯死が認められた苗，枯死＝枯死した苗。

注2) 定植は2001年7月25日，調査は2001年9月19日にそれぞれ実施。

第7表 センチピードグラスの定植穴への施肥効果

	無施肥区 (n = 18)	施肥区 (n = 24)
葉幅 (mm)***	0.34 ± 0.10	0.56 ± 0.11
苗の直径 (cm)***	8.9 ± 2.1	11.5 ± 1.9

注1) 調査は2001年9月に実施，平均値±標準偏差で表示。

注2) 無施肥区と施肥区における有意差検定の結果。

*** : p<0.001

センチピードグラス苗の生長を明らかに促進した。この試験はセンチピードグラスのみで行ったが，低養分条件下にある畦畔法面の土壌特性（第3表および第5表）を考えると，シバでも同様の効果が得られるものと推察される。

以上より，シバおよびセンチピードグラスを既存植生内に導入する方法として，直径9cmのポット苗を移植する方法は有効なものと考えられる。そして，その効果は定植穴への施肥を行うことでより確

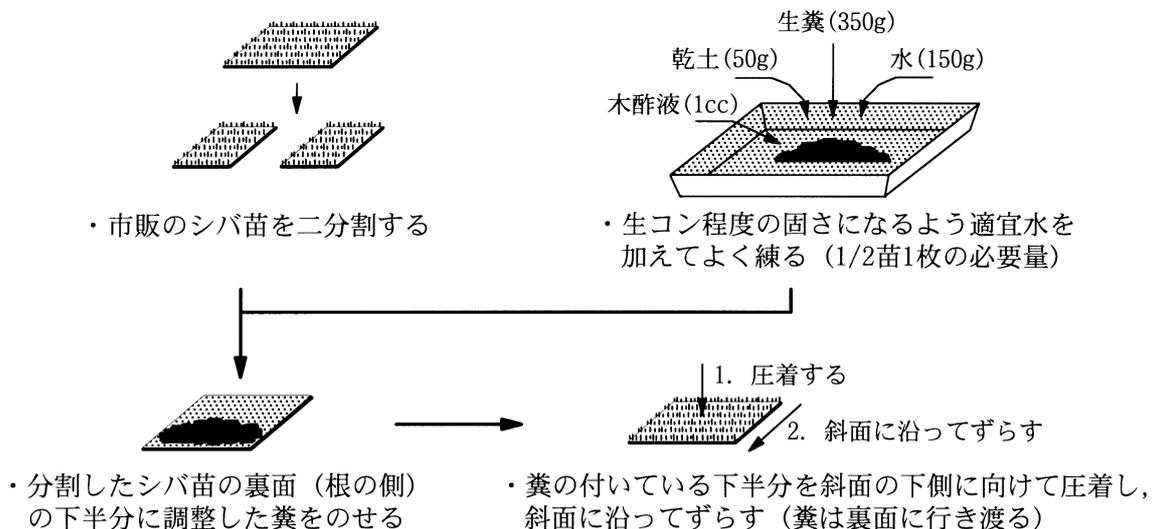
実になると推察される。ところで，本試験ではポット苗の定植密度を㎡当たり1個としたが，今後は定着した苗の生長と既存植生との関係を精査することで，植生の状況に応じたより適正な定植密度を策定することが必要になると考えられる。定植穴の作成については，本試験のようなホーラー以外にも，エンジン式の穴掘り機（写真13）を利用すると効率的であった。その際，直径9cmの苗には直径6cmのドリルを適用すると苗が抜け難くなることが確認されている。苗の定植時期については，比較的降雨量が少ない条件下でも苗が枯死することは希であったが，できるだけ降雨が見込まれる時期に定植を行うと，より良好な定着が期待できると考えられる。

IV 畦畔法面の裸地修復法

棚田放牧地の多くは，狭小で，急傾斜地に位置する。そのため，これまでに提示した保全策を講じても，畦畔法面の崩壊や裸地が発生する場合がある。そこで，裸地の短期的かつ効果的な修復法として，生牛糞の強力な接着性を利用した張りシバ法を考案し，その効果を明らかにする。

1) 材料および方法

試験の対象は，法面上縁部に牧柵を設置したことが原因で，広範囲に崩壊が発生した場所である（写真14）。裸地の修復作業は第11図に示した手順で行った。

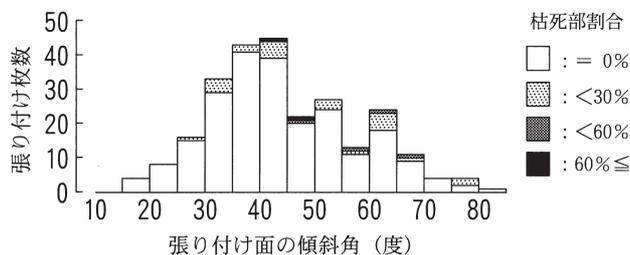


第11図 張りシバの作業手順

作業に先立ち、崩壊の原因となった牧柵類を撤去した。さらに、法面上の浮き石を除去し、堆積した土砂を踏み固めて整地した。供試したシバ苗は市販の張りシバ用苗 (*Zoysia japonica*種, 約30cm×37cm) で、修復作業ではその苗を二分したもの(約30cm×18cm)を使用した。苗の張り付け密度は二分した苗を㎡当たり1枚とし、それを生牛糞の混合物(生牛糞350g, 乾土50g, 水150g)で接着した(写真15)。生牛糞を混合する際には、その臭気を軽減させるため、適量の本酢液(市販品)を添加した。張り付けたシバ苗は、かなりの急傾斜地(傾斜80度程度)でも脱落せず、竹串等で固定する必要はなかった(写真16)。苗の張り付け作業が終了した後は、電気牧柵で修復地点を囲い、牛の侵入を防いだ。作業は1998年6月18日に実施し、7月9日には張りシバ苗の定着状況を調査した。また、2000年10月16日には、苗と苗の間にある目地の植被状況を調査した。調査では、目地の部分に生育する植物をシバ苗からの伸長部分とそれ以外の植物種に分類し、それぞれの冠部被度を測定した。

2) 結果および考察

張り付けたシバ苗の定着状況を第12図に示す。作業から約20日目の定着状況をみると、張り付け面の傾斜角に関わらず、苗の定着は概ね良好で、枯死した苗はほとんど観られなかった。その結果、作業の翌春には放牧利用が可能になった(写真17)。苗の定着が良好だった背景には、苗の接着に生牛糞の混合物を用いたことによる裸地面への密着性の向上、およびその肥料効果があったと推察されるが、それらの有効性については、竹串などによる従来法との比較により、再度検証することが必要と考えられる。



第12図 張り付け面の傾斜角と定着状況

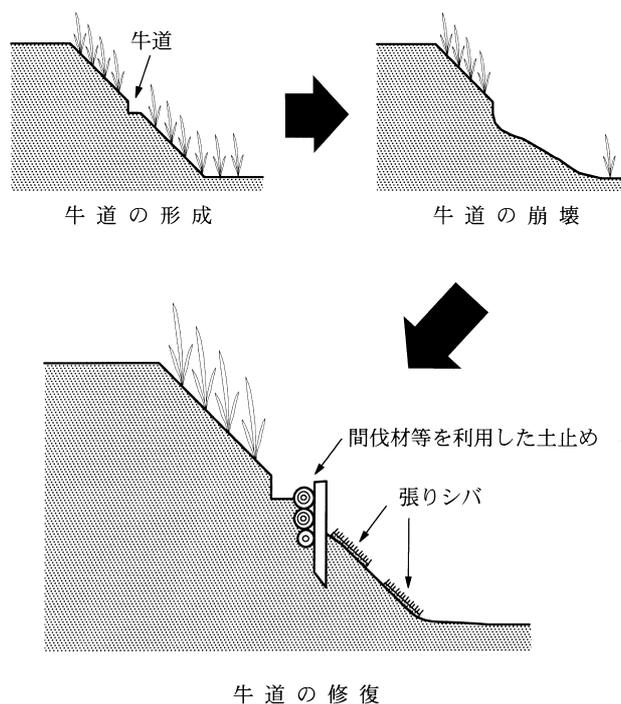
注) 定植は1998年6月18日, 調査は1998年7月9日にそれぞれ実施。

第8表 張りシバ2年目における目地の植被状況

区 分	被 度 (%)	出現種数
シバ(苗からの伸長部分)	40.8	—
多年生草本(シバ以外)	37.6	24
上位3種 {		
1. ヨモギ	7.0	
2. ノチドメ	6.1	
3. ササガヤ	4.9	
一年(越年)生草本	6.5	9
上位3種 {		
1. メヒシバ	2.0	
2. ヒメジョオン	1.8	
3. キンエノコロ	0.8	
裸 地	15.1	—

注1) 定植は1998年6月18日, 調査は2000年10月16日にそれぞれ実施。
 2) 定植時における目地の植被率は0%。

張りシバ2年目における目地の植被を第8表に示す。目地の植被率は、張りシバを行った時点の0%から、2年目には85%へと増加した。その内訳は、苗より伸張してきたシバが全体の約41%を占め、それ以外では、ヨモギ・ノチドメをはじめとする多年生草本が約38%、メヒシバ・ヒメジョオンをはじめとする1年生(越年性)草本が約7%をそれぞれ占めた。一方、試験を行った法面では、その一部に未修復の地点もあったが、そこでは植被の回復がほと



第13図 生牛糞を用いた張りシバによる牛道の修復

んど観られなかった。すなわち、崩壊法面への張りシバは、苗の伸長による表土の安定化を通じて、他植物の侵入・定着を促し、植被の回復に貢献していると推察される。

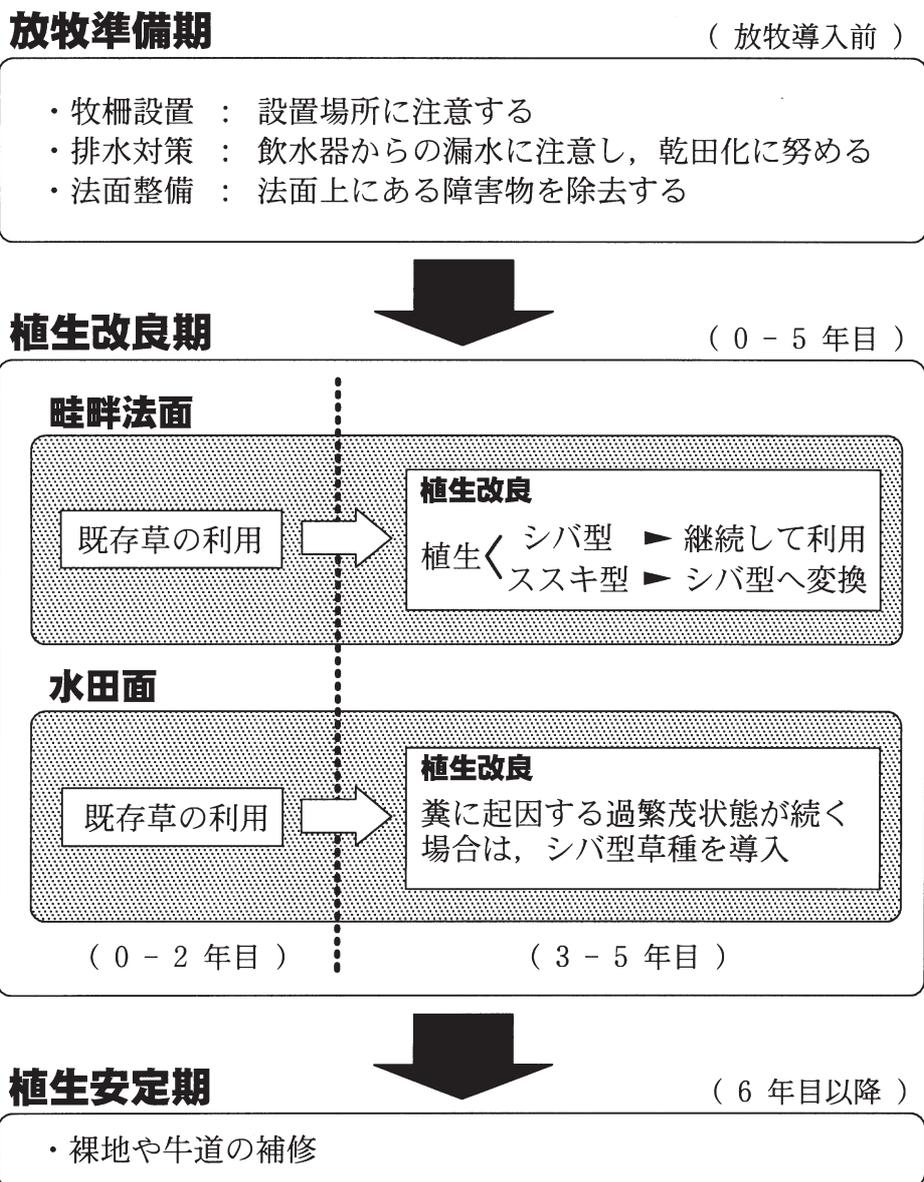
第13図は、牛道の崩壊部分に本法を応用し、牛道を修復する方法を示したものである。これまで、数か所の牛道崩壊面において検証を行ったが、十分な修復効果が確認されている。すなわち、生牛糞を用いた張りシバ法は棚田放牧地の裸地修復に有効な手段と考えられるが、作業後に無降雨の状態が2週間

以上続くと苗の定着率が著しく低下するため、作業時期には注意が必要である。

V 結 論

1 棚田放牧地における管理作業の流れ

これまで、畦畔法面に対する放牧攪乱を軽減させる方策として、①牧柵を適切な位置に設置すること、②水田面の乾田化と不食パッチを考慮した植生管理を図ること、③法面上の障害物（灌木等）を除去す



第14図 棚田放牧地における管理作業の流れ

注1) 放牧頭数は、牛道や植生、牛の体重を考慮して適宜調整する。

2) 図中の(年)は目安。

ることの重要性を指摘した。さらに、ススキ型の植生を持つ畦畔法面については、計画的に放牧適性のある植生へと移行させる必要性を指摘し、それに適したシバ型草種の導入法を提示した。こうした一連の作業は、第14図のように総括される。ここでは、放牧導入による草地管理の流れを、放牧準備期、植生改良期、および植生安定期に区分したが、各区分における適正な放牧頭数については、畦畔法面に形成された牛道の状態（安定的に維持されているか否か）、植生の状態、および放牧牛の体重を含めて総合的に判断する必要があると考えられる。

2 今後の課題

棚田跡地における放牧については、その歴史の浅さから、明確な方法論が確立しているわけではない。本報においても、第14図に示した植生安定期については、詳しく触れることができなかつた。それは、棚田放牧地の大部分が植生変化の途上にあり、安定期への移行を完了していないためである。植生安定期では、保全的利用を持続するための放牧強度と、それに基づく家畜収容力が問題になると考えられる。この問題については、水田面と畦畔法面の面積的な構成比や、植生安定期における草生産量を指標に、定式化して行く必要がある。また、棚田放牧地における牛糞の偏在は、水田面に極端な養分（特に、カリウム）の集積を招くため、今後はそこで生産される草本類の成分にも注意を払う必要がある。以上の問題については、棚田放牧地の植生が植生安定期に移行した時点で改めて検討する必要があるが、その結果は長期的な放牧利用を可能にするための必要不可欠な知見になると考えられる。

VI 摘 要

牛の放牧による棚田跡地の保全的利用を推進するため、放牧下における畦畔法面の維持・管理法を検討した。

1 裸地の発生は、不適切な牧柵の設置に起因するものが大半を占めた。なかでも、畦畔法面の上縁に牧柵が設置された場所では、非常に広範な裸地が発生した。牧柵に起因する裸地は、その設置場所を改善することで回避できると考えられた。

2 耕作放棄棚田のような管理が不十分な場所では、畦畔法面の植生がススキ型を示すものが多い。ススキは、被食耐性が小さいため、放牧の導入によって速やかに衰退した。加えて、水田面における排水不良や牛糞の集積に起因する可食草量の低下は、畦畔法面に対する放牧攪乱を相対的に強め、ススキの衰退をより加速させたと推察された。畦畔法面は土壤養分が乏しく、ススキが衰退すると裸地化が急速に進行した。そのため、畦畔法面の植生がススキ型を示す場合は、優占種をより放牧耐性のある草種に移行させることが必要と考えられた。

3 放牧牛が畦畔法面を保全的に利用するために必要な牛道について、畦畔法面に形成される牛道の本数は次式によって推定可能であった。

$$\text{牛道の発生本数} = \text{法面の高さ (cm)} \div 120 - 1$$

但し、小数点以下は切り上げ

また、法面上に安定的な牛道を形成させるためには、法面上に存在する障害物を除去し、放牧頭数や放牧時期に留意することが必要と考えられた。

4 西南日本では、放牧下にある畦畔法面に適する草種として、シバ (*Zoysia japonica* Steud.) およびセンチピードグラス (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) が有望と考えられた。これらの草種を畦畔法面の植生内に導入するには、直径9cmのポット苗を移植する方法が有効であった。

5 畦畔法面に形成された規模の大きな裸地を修復するには、シバのソッド苗 (30cm×18cm) を生牛糞の混合物で接着する方法が有効であった。

謝 辞

本論文は、近畿中国四国農業研究センターで実施された地域先導技術総合研究「中国中山間地域における遊休農林地活用型肉用牛営農システムの確立（平成10年～14年）」の「放牧利用における遊休農林地の保全的管理・利用技術の確立」に関わる研究成果の一部を取りまとめたものである。

本稿の作成にあたり、当農業研究センター大石孝雄畜産草地部長にはご校閲の労を賜った。また、本研究の遂行にあたり、畜産草地研究所放牧管理部瀬川敬上席研究官には貴重なご助言とご協力を賜っ

た。謹んでお礼申し上げます。

現地実証試験では、鳥根県大田市富山町の神谷光男氏および神谷栄子氏より圃場の提供ならびに試験への多大なるご協力をいただいた。また、当農業研究センター企画調整部業務第4科の皆様には、各種試験の遂行に多大なるご助力をいただいた。ここに記して、厚く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 天谷孝夫・長堀金造・佐藤晃一・加地 昇・寺見忠則 1986. 棚田の土層改良計画と畦畔工. 農土誌54, 233-238.
- 2) 安西徹郎・松本直治 1988. 水田の休耕にともなう雑草の発生状況と土壌の変化. 千葉農試研報29, 93-104.
- 3) 千葉喬造・佐藤晃一・亀山信夫・中村博美 1986. 棚田に隣接する里山林の利用. 農土誌54, 211-216.
- 4) 中国四国農政局 2001. 平成12年度 中国四国食料・農業・農村情勢報告. 第I部 中国四国食料・農業・農村の動向. 1-170.
- 5) Dohi, H., A. Yamada and S. Entsu 1991. Cattle feeding deterrents emitted from cattle feces. J. Chem. Ecol. 17, 1197-1203.
- 6) 土壌標準分析・測定法委員会編 1986. 土壌標準分析・測定法. 博友社. 東京. 1-354.
- 7) 江原 薫 1990. 第2増訂 芝草と芝地. 養賢堂. 東京. 168-242.
- 8) 原田久富美・須永義人・畠中哲哉 1998. 低リン条件下における牧野草のリン吸収能力の比較. 草地試研報56, 21-27.
- 9) 井出保行・小島 誠・林 治雄 1998. 傾斜草地の地形と草地管理. 1. 裸地と排糞の分布. 日草誌44, 208-214.
- 10) 石渡輝男・沖田良隆・横堀 将 1997. 並行牛道の形成された放牧地の微地形と土壌の理化学性. 土肥誌68, 265-271.
- 11) 伊藤健次 1958. 傾斜地農業. 地球出版. 東京. 94-110.
- 12) 伊藤秀三 1977. 群落の遷移とその機構. 朝倉書店. 東京. 127-137.
- 13) 岩間秀矩 1995. 耕作放棄棚田の法面崩壊と保全的土地利用. 総合農業の新技术 8, 98-101.
- 14) 川鍋祐夫・井上楊一郎 1992. 人工草地の状態診断. -傾斜草地の植生, 牛道と土地の保全-. 畜産の研究46, 676-679.
- 15) 木村和弘 1993. 山間急傾斜地水田の荒廃化と全村圃場整備計画. 農土誌61, 405-410.
- 16) 近畿中国四国農業試験研究推進会議 2002. 中山間地域における畦畔・法面の維持・保全技術の確立と保全成果の多面的評価. 近畿中国四国農林水産新技术実用化型No.3. 2-5.
- 17) 北浦 勉・赤嶺 壽・尾崎保雄・早田義範 1986. 棚田整備の留意点. 農土誌54, 217-222.
- 18) 小林央往 1988. 日本の植生. 東海大学出版会. 東京. 39-54.
- 19) 高知県畜産試験場・徳島県畜産試験場・愛媛県畜産試験場 1996. シバポット移植法を用いたシバ草地造成マニュアル. 1-71.
- 20) Kondo, H., S. Takahashi, H. Harada, N. Kitahara, N. Harashima and T. Nishida 2002. Phosphorus dynamics in semi-natural grasslands. Bull. Natl. Inst. Livest. Grassl. Sci. 1, 55-64. .
- 21) 小山信明・井出保行・瀬川 敬・千田雅之・谷本保幸 2001. 放牧の導入による棚田跡地の保全的利用. 2. 棚田放牧地の法面崩壊および泥濘化を引き起こす要因と対策. 日草誌47 (別), 80-81.
- 22) 久保祐雄・磯部誠之 1975. 草地における蹄傷. -常歩中の牛の蹄圧-. 草地試研報 7, 33-38.
- 23) 三秋 尚・白石太郎・黒田昭昌 1984. 山地急傾斜地の牧草化と肉用牛飼養技術 (3). -中国山地における20年の試験結果から-. 畜産の研究38, 557-607.
- 24) 三秋 尚・白石太郎・黒田昭昌・溝口 豊 1984. 山地急傾斜地の牧草化と肉用牛飼養技術 (4). -中国山地における20年の試験結果から-. 畜産の研究38, 671-675.
- 25) 三田村強・小川恭男・鎌田悦男 1982. シバ型草地に関する研究. I. 牛糞中のシバ種子数とその発芽特性. 日草誌27, 387-393.

- 26) 三田村強・小川恭男・岡本恭二・手島道明・鎌田悦男 1985. シバ型草地に関する研究. V. 伐採跡地に形成したミヤコザサ群落の攪乱方法の違いがシバ草地の成立に及ぼす影響. 草地試研報30, 80-92.
- 27) 長堀金造・山根俊弘・菊川誠士・斎江俊彦 1986. 棚田の圃場整備のあり方. 農土誌54, 199-203.
- 28) 内藤俊彦 1988. 日本の植生. 東海大学出版会. 東京. 22-30.
- 29) 中島寛爾 1993. 中山間地域における農地保全と水田農業の展開条件. -新潟県東頸城地域を対象として-. 北陸農業研究資料29, 1-36.
- 30) 中島峰広 1996. 棚田の保全. 地学雑誌105, 547-568.
- 31) Numata, M. 1971. Quarternary History of Grasslands. -particularly on Relationships of Climate to Grasses and Gassland Types and on Human Role in Development of Grassland Fomations on Earth-. Bull. Biogeogr. Soc. Jap. 26 (4), 21-27.
- 32) 小川恭男・小山信明 1994. 播き芝法によるノシバ (*Zoysia japonica* Steud.) 草地の春造成. 九農研56, 141.
- 33) 小川恭男・小山信明・進藤和政 1996. 肉用繁殖牛による牧草地と野草地の組合わせ放牧利用技術. 九州農試報告30, 13-43.
- 34) 及川棟雄・嶋村匡俊・牛山正昭・福山正隆 1981. 傾斜地における家畜行動と草地管理. I. 牛道の区分と特性. 草地試研報18, 105-126.
- 35) 及川棟雄・嶋村匡俊・牛山正昭・福山正隆 1981. 傾斜地における家畜行動と草地管理. II. 牛道の幅, 深さ, 数と長さ及び発生場所. 草地試研報20, 190-215.
- 36) 及川棟雄・嶋村匡俊・牛山正昭・福山正隆 1982. 傾斜地における家畜行動と草地管理. III. 草種を異にする8草地における並行牛道発達の差異. 草地試研報21, 67-68.
- 37) 及川棟雄・両角清一・加甲艶照・岡本恭二 1984. 牧草追播と牛群行動制御柵の設置による牧草地の裸地回復技術. 自給飼料2, 27-31.
- 38) Osuji, P. O. 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. J. Range Manage. 27, 437-443.
- 39) 太田 建・谷山一郎・草場 敬・森 昭憲・荒谷 博 1996. 耕作放棄棚田における土壌特性の経年変化. 土壌の物理性73, 3-10.
- 40) 大谷一郎・圓通茂喜・山本直之・高橋佳孝 1997. シバを導入した耕作放棄棚田の植生および土壌環境の変化. 近畿中国農研94, 61-65.
- 41) 尾崎 繁・田中正邦・山根俊弘・菊川誠士・斎江俊彦 1986. 棚田の営農展開. 農土誌54, 205-210.
- 42) 斎藤 稔 2001. 畦畔の省力管理にセンチピードグラス. 牧草と園芸49 (4), 1-4.
- 43) 佐々木寛幸・柴田昇平・吉田信威 1998. 苗の糞上移植による放牧草地の植生改善. 日草誌43, 492-496.
- 44) 佐藤晃一・長堀金造・亀山信夫・寺見忠則・早田義範 1986. 棚田の類型区分とまちなおし整備. 農土誌54, 223-231.
- 45) 佐藤晃一・桜井雄二・長堀金造・天谷孝夫・尾崎保雄 1986. 棚田地帯における道路・水路の整備. 農土誌54, 239-245.
- 46) センチピードグラス植生マニュアル委員会 編. センチピードグラスによる地被植生工法. 1-19.
- 47) 島根県 松江地方气象台 1989-2000. 島根県の農業気象 平成元年1月-平成14年12月.
- 48) 杉本安寛・平田昌彦・上野昌彦 1987. パヒアグラス放牧草地におけるエネルギーと物質の流れ. V. 乳用育成牛群の排泄行動に関する2, 3の観察. 日草誌33, 18-14.
- 49) 高橋佳孝・斎藤誠司・大谷一郎・萩野耕司 1995. シバ草地を含む放牧地での牛糞によるシバ種子の散布. 日草誌41 (別), 15-16.
- 50) 牛野 正・赤嶺 壽 1986. 棚田地域の換地計画. 農土誌54, 247-251.
- 51) 渡辺治郎 1997. 放牧条件下の環境保全. 研究ジャーナル20 (2), 28-32.
- 52) 山本嘉人・桐田博充・大賀宣彦・斎藤吉満 1995. 草地植生の比較を目的とした拡張積算優占度の提案. 日草誌41, 37-41.
- 53) 山本嘉人・斎藤吉満・桐田博充・林 治雄・西

- 村 格 1997. ススキ型草地における異なる人為圧による植生遷移の方向. 日草誌42, 307-314.
- 54) 山本嘉人・斎藤吉満・桐田博充 1997. 放牧によるススキ型草地の主要植物種の拡張積算優占度の変化率. 日草誌42, 315-323.
- 55) 山根一郎・伊藤 巖・岩波悠紀・小林裕志 1980. 草地農学. 朝倉書店. 東京. 21-35.

Management of abandoned terrace paddy field with cattle grazing

Yasuyuki IDE, Nobuaki KOYAMA*, Setsuro SATO* and Yoshitaka TAKAHASHI

Summary

The majority of agricultural fields in the Chugoku District and the Shikoku District located on the southwestern part of Japan are distributed in hilly and mountainous areas. In those districts, the number of abandoned terrace paddy fields has rapidly increased since farmers have ceased their agricultural production, owing both to price depreciation of their products and to disadvantageous conditions for cultivation. The expansion of these abandoned fields has caused serious problems in agriculture, i.e., deterioration of rural landscapes, damage to field crops by wild animals that inhabit the shrub areas, and so on. The management of abandoned terrace paddy fields by means of cattle grazing is evaluated as a practical means for preserving agricultural resources. In this study, we examined the slope maintenance method in the abandoned terrace paddy field under the grazing condition.

Experiments were carried out in a abandoned terrace paddy field (200m above sea level), located in the middle of the Shimane Prefecture in southwestern Japan (35° 12' North latitude and 132° 34' East longitude). The mean annual temperature and precipitation was 16.0°C and 1,770mm, respectively, as recorded at a meteorological station located 7 km northeast of the study site, at 15m above sea level. The experimental field was 7,149m² in size, and ten abandoned rice fields (total area 2,228m²) exist in the field. Cattle grazing was started in 1996. The number of grazing cattle was 1,300 head / ha / year in 1996, then it decreased to 650 head / ha / year after 1997. The reason for the decrease in the number of grazing cattle is that the vegetation in the field deteriorated rapidly.

The result obtained were as follows :

- 1 Most of the bare areas occurred in places where the position of the fence was improper. Especially, a large bare area was produced in a place where the fence was located on the upper edge of the slope. It was thought that the creation of bare areas caused by the fence could be avoided by improving the position of the fence.
- 2 In southwestern Japan, many of the slopes in the terrace paddy field are covered by the vegetation of *Miscanthus*-type. Japanese plume-grass (*Miscanthus sinensis* Anderss.) which is dominant species on the slope declines promptly under cattle grazing. The reason for this decline is that this species has little grazing tolerance. Additionally, it was thought that grass shortage on the rice field which was caused by poor drainage and high dung concentration had accelerated the decline of the Japanese plume-grass by increasing the degree of defoliation on the slope. The amount of bare area expanded rapidly when the Japanese plume-grass declined because the soil fertility is very low on the slope. Therefore, when the slope vegetation was the *Miscanthus*-type, it was necessary to shift the vegetation to the type which has both grazing tolerance and infertility tolerance.

Department of Livestock and Grassland Science

* Department of Integrated Research for Agriculture

3 Cattle track are necessary to maintain the slope under grazing conditions. The number of the cattle tracks formed on the slope can be determined by the following expression.

Number of the cattle track \cong Slope height (cm) \div 120 - 1

Raise the decimals to a unit.

It is also necessary to consider the following in regard to the formation of the cattle tracks on the slope :

- 1) Obstacles such as shrubs on the slope are to be removed.
 - 2) The grazing number and the grazing season (especially, winter) are noted respectively.
- 4 Under the grazing condition, the grass species introduced into the slope should have the following characteristics :
- 1) Tolerance to grazing and tramping.
 - 2) Tolerance to low soil nutrients.
 - 3) High soil retentivity.
 - 4) Not becoming a weed in other rice fields under cultivation.
 - 5) Its seed or sod can be easily obtained.

Japanese lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.) and centipedegrass (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) were considered grass species that met these requirements in southwestern Japan. The method of planting the grass grown in a ϕ 9 cm pot was effective in establishing these grass species as slope vegetation.

5 The method of bonding the sod (30cm \times 18cm) of Japanese lawngrass using fresh feces was effective for the restoration of a large bare areas.



写真1 試験地の全景



写真2 牧柵が斜面の最大傾斜線方向に設置されたことが原因で発生した裸地。



写真3 牧柵が畦畔法面の上縁部に設置されたことが原因で発生した裸地。



写真4 水対策の不備が原因で冠水した水田面。放牧牛の「こねまわし」による泥濘化の進行で、草本類は枯死し、黄変している。



写真5 牛糞の大部分は放牧牛の休息場である水田面に排泄された。糞の周囲にある草本類は牛に採食されないため、水田面では多数の不食パッチ（緑色の濃い部分）が形成された。



写真6 牛道の形成位置と牛の背高とは密接な関係にあることが示唆された。



写真7 草本類が休眠期に入る秋季以降に放牧を続けると、多くの場所で小規模な法面崩壊が発生した。



写真8 法面上に灌木などの障害物が存在すると、放牧牛はそれを回避するため法面を登降する。そうした場所では比較的大きな法面崩壊が発生した。



写真9 形成過程にある牛道。



写真10 人工牛道の造成。法面の上端から約120cm下方に段差を設けた。裸地部分には「生牛糞を用いた張りシバ法」を適用した。



写真11 造成からほぼ1年が経過した人工牛道。放牧牛は人工牛道を利用するので法面は崩れ難くなった。

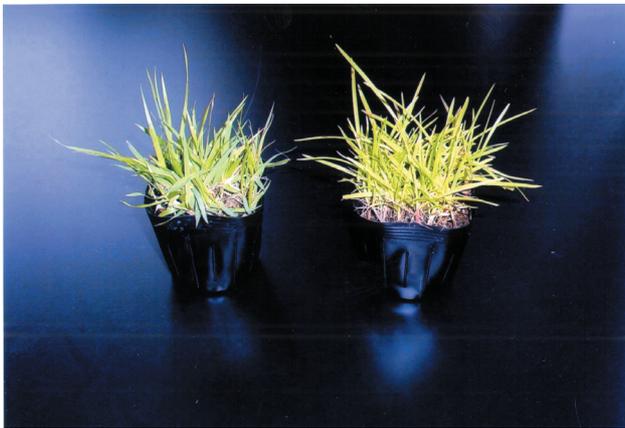


写真12 定植直前のポット苗。シバ（左），センチピードグラス（右）。



写真13 植え込みの道具。既耕地用ホーラー（左），未耕地用ホーラー（中），エンジン式穴掘り機（右）。



写真14 畦畔法面の上縁部に設置された牧柵が原因で著しく裸地化された法面。



写真15 生牛糞の混合物をシバ苗の裏面に塗布し，修復部分に圧着した。



写真16 シバ苗の張り付け作業。生牛糞の持つ接着作用により，苗は竹串などで固定しなくても脱落することはなかった。



写真17 修復部分を電気牧柵で囲い，約1年間養生すると，放牧の再開が可能であった。